

УДК 662.7
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ
ОБРОБКИ СИРОВИНИ НА ВИХІД ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНОГО
ПАЛИВА

к.т.н., пр.н.с. Корінчук Д.М., к.т.н., с.н.с. Дахненко В.Л.

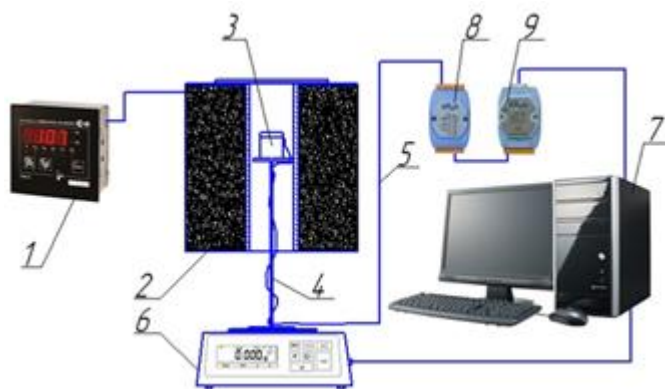
Національна академія наук України
«Інститут технічної теплофізики», м. Київ

У світі усе більше гострими стають проблеми, пов'язані з енергозабезпеченням, зростає попит на енергоносії, а разом з тим запаси традиційних палив є обмеженими, і ціни на них безупинно ростуть.

Згідно національного плану дій із відновлюваної енергетики внесок відновлюваних джерел енергії до валового кінцевого енергоспоживання у 2020 р. має досягти 11% (відповідно зобов'язань України як члена Енергетичного співтовариства). Одним із напрямів реалізації програми є залучення рослинної біомаси для використання як джерела енергії. Частка біомаси у загальному обсязі ВДЕ сягатиме 85% (біля 210 млн. ГДж/рік) в секторі опалення, що відповідає заміщенню 6,5 млрд. м куб. природного газу. Слід зазначити, що енергетичний потенціал біомаси у вигляді відходів перевищує потенціал викопного палива.

Для використання біомаси на об'єктах енергетики необхідно провести додаткову обробку для видалення пірогенетичної вологи і підвищення теплоти згоряння до 18-25 МДж. Для цього використовують технологію торефікації, що являє собою процес "м'якого" піролізу біомаси, нагрівання без доступу повітря, що протікає при температурах 200-320С и атмосферному тиску в плинні 30-90 хвилин. У ході такого процесу вилучається волога, а також летучі речовини, що утворюються в ході часткового розкладання ланцюжків полімерів – целюлози, геміцелюлози й лігніну [1, 2]. Це зменшує масу сировини на 20-30%, а енергоємність збільшує на 10%. Більша втрата маси в порівнянні із втратою енергії приводить до збільшення питомої теплоти згоряння кінцевого продукту в порівнянні з вихідною сировиною. Одержуваний сухий залишок називають "Биовуглем".

Для визначення режимних параметрів торефікації, таких як вплив температури та часу обробки зразків біомаси проведені експериментальні дослідження із використанням дослідного стенду, що складається з трьох основних частин: блоків термообробки, вимірювання та збору інформації (Рисунок 1).



1 - регулятор-вимірювач (ОВЕН ТРМ10); 2 – теплогенератор; 3 - бюкса із зразком; 4 – підставка; 5 – термопара; 6 - ваги (Axis AD3000); 7 - комп'ютер;

8 - модуль збору даних (Expert EX9018/P); 9 - перетворювач інтерфейсу RS232/RSC85 (Array AR-1520U)

Рисунок 1 – Дослідний стенд експериментальних досліджень температурної обробки.

Сировину розміщували в циліндричній бюксі (3) висотою 38 мм та діаметром 50 мм. Через спеціальний отвір між кришкою бюкси та самою бюксою в середину шару матеріалу поміщаються термопари, що можуть кріпитися за допомогою спеціальної пластини на різній відстані від стінки циліндричної бюкси. За допомогою підставки (4) заповнена матеріалом бюкса вводиться в камеру печі (2). На регуляторі-вимірювачі (1) встановлюється необхідна температура проведення експерименту. Попередньо відтаровані ваги (6) безперервно фіксують зміну маси та температури зразка в процесі його термообробки. Запис зміни маси матеріалу під час термообробки проводиться через постійні проміжки часу в автоматичному режимі системою збору інформації.

Проведена серія досліджень за різної температури печі (250°C, 270°C, 300°C). В якості сировини були обрані гранули (середній розмір часток 5 мм). У якості сировини були обрані деревинні, торф'яні та торфо-деревинні гранули (60% торф - 40% деревина). Кожен вид сировини мав різну початкову вологість: деревинні гранули – 7%, торф'яні гранули – 14%, торфо-деревинні гранули – 28%, що також дозволило оцінити її вплив під час ТО.

Отримані залежності впливу температури печі на швидкість термічного розкладання біосировини і загальний перебіг процесу. Графічно представлені (рис.2) температурна і масова характеристика матеріалу під час протікання ТО за температури печі 250°C та 270°C. Графіки мають перегини, що характеризують ділянки прогріву, сушіння та термічного розкладання сировини (Рисунок 2), що починається за температур матеріалу вище 220°C. При підвищенні температури печі швидкість проходження цих процесів зростає. Виявлений екзотермічний ефект процесу для торфу та композиції проявляється найменшим підвищенням температури (3%) на відміну від соломи(10%) та деревини (8%), що є передумовою забезпечення стабільного процесу термообробки за високих температурних режимів (Рисунок 2) з подальшим вирівнюванням температури в системі (за відсутності кисню).

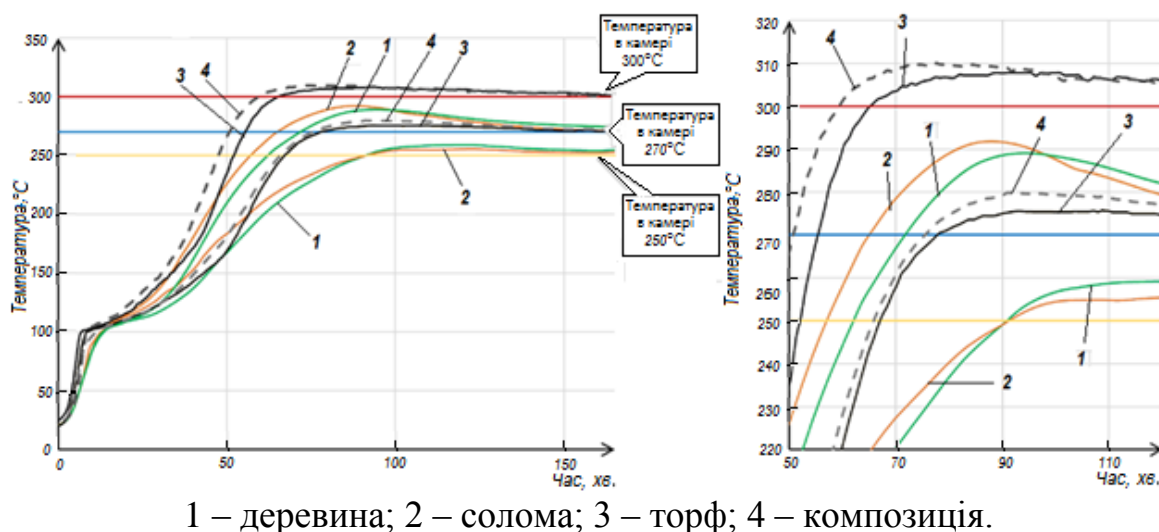


Рисунок 2 – Вплив температурного режиму обробки сировини на температуру сировини

Підвищення температури обробки з 250 до 270°C веде до збільшення виходу газової фази на 1 %, а з 270 до 300°C веде до збільшення виходу газової фази на 4%. Торфу характерні близькі за характером та чисельними значеннями залежності кінетики термічного розкладання в досліджуваному діапазоні температур.

Різні види біомаси та торф відрізняються відсотковим співвідношення основних органічних компонентів. Як ілюструють криві (Рисунок 2) процес термообробки біосировини супроводжується екзотермічним ефектом, що призводить до локального перегрівання та неконтрольованого розкладання самої сировини, виділення внаслідок розкладання горючих газів. Найбільший екзотермічний ефект відбувається при термообробці соломи і деревини, найменший – для торфу і композитної суміші у присутності торфу.

На рисунках 3-6 наведені експериментальні криві впливу температури та часу обробки зразків деревини сосни на зміну швидкості масових втрат та на вихід термообробленого палива при температурах обробки 250°C, 270°C та 300°C.

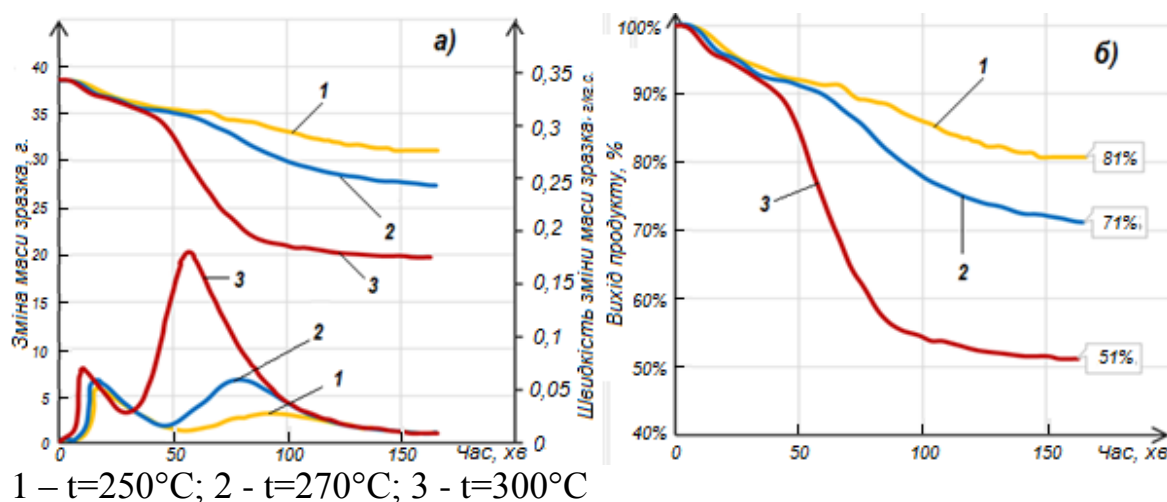
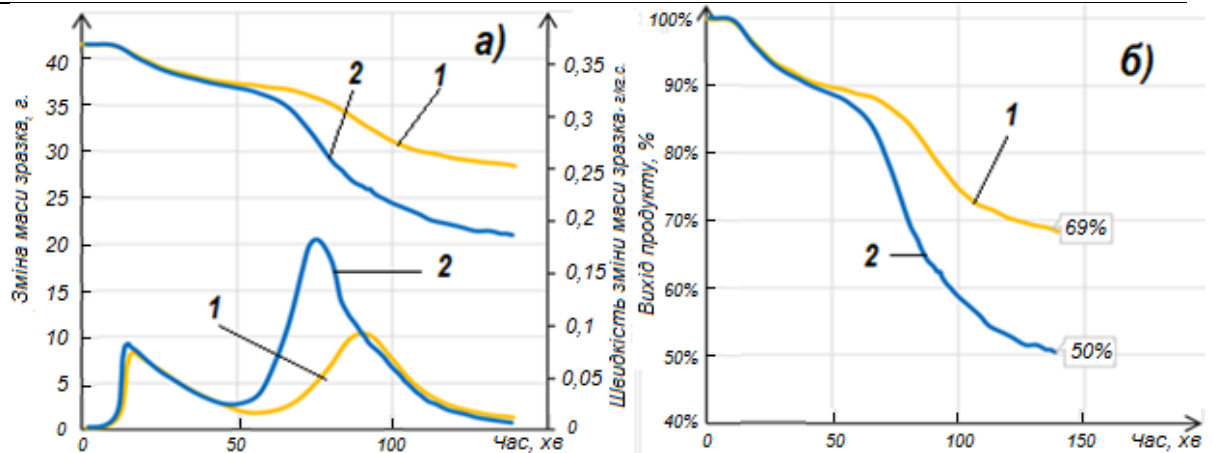
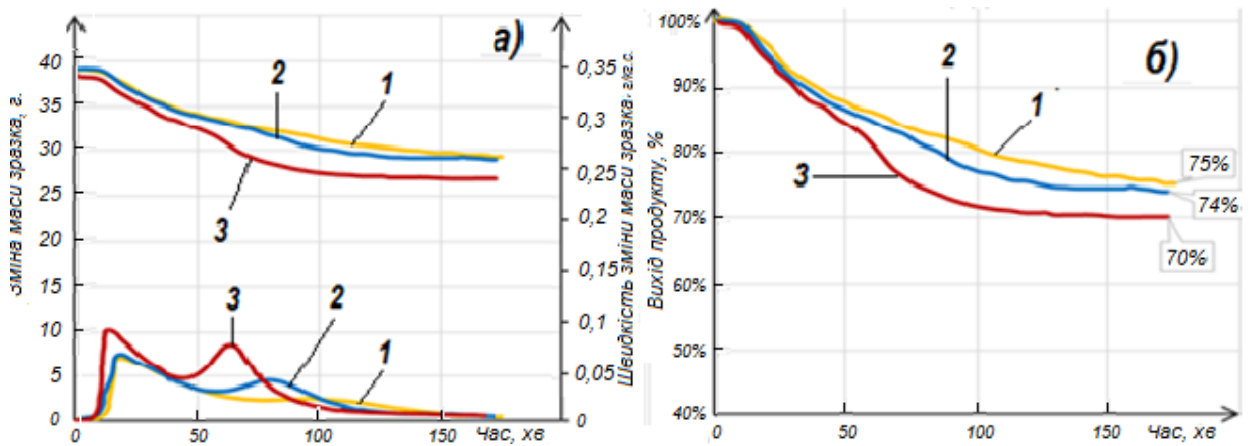


Рисунок 3 – Вплив температури та часу обробки зразків деревини сосни на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.



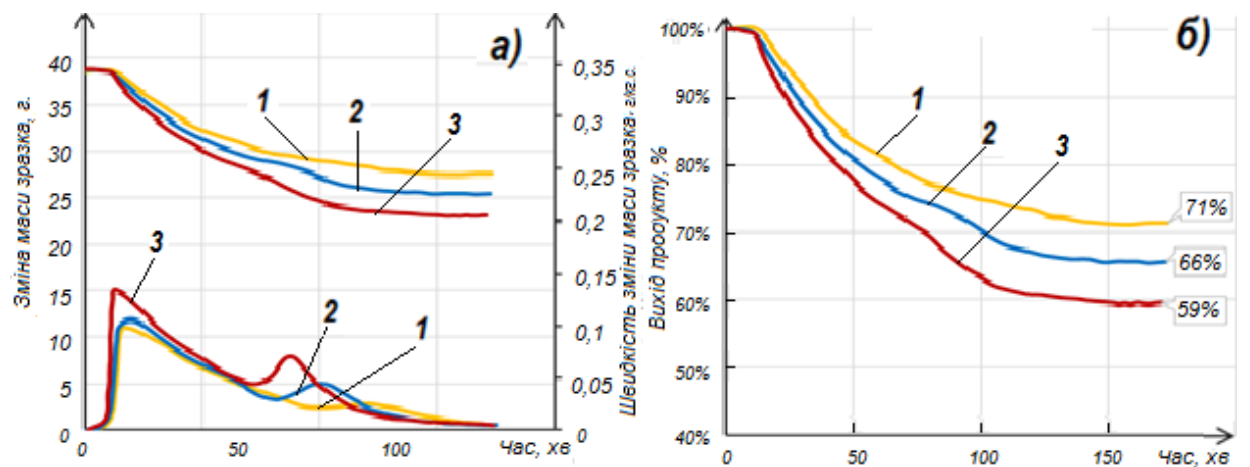
1 – $t=250^{\circ}\text{C}$; 2 – $t=270^{\circ}\text{C}$; 3 – $t=300^{\circ}\text{C}$

Рисунок 4 – Вплив температури та часу обробки зразків соломи на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.



1 – $t=250^{\circ}\text{C}$; 2 – $t=270^{\circ}\text{C}$; 3 – $t=300^{\circ}\text{C}$

Рисунок 5 – Вплив температури та часу обробки зразків торфу на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.



1 – $t=250^{\circ}\text{C}$; 2 – $t=270^{\circ}\text{C}$; 3 – $t=300^{\circ}\text{C}$

Рисунок 6 – Вплив температури та часу обробки зразків композиції торф-дерева на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.

При збільшенні температури печі зростає швидкість процесів, що характеризує зсув по часовій шкалі, а також зростає інтенсивність процесів: швидкість сушіння та швидкість розпаду. Початкова вологість матеріалу визначає тривалість періоду сушіння під час ТО. Незалежно від початкової вологості при підвищенні температури печі від 250°C до 270°C швидкість втрати маси на ділянці розкладання зростає для деревини в 1,9...2,2 рази, в 1,6...1,8 рази для торфу та в 1,7...1,9 рази для торфо-деревинної суміші. На кінець досліджень за температури печі 250°C масові втрати сухої частини зразків склали 12,2% для гранул з деревини, 9,1% для торф'яних гранул та 8,7% для суміші. При підвищенні температури печі до 270°C втрати сухої маси зросли на 9,2% для гранул з деревини, 1,4% для торф'яних гранул та 2,3% для суміші. Підвищення температури печі до 300°C для деревинних гранул суттєво скоротило період сушіння матеріалу, але виявилось недопустимим на ділянці розкладання. Процес розкладання низькокалорійної складової є екзотермічним, тобто супроводжується суттєвим виділенням теплоти. Так для деревини [2-3] виділення теплоти складають 8,0...8,5 МДж/кг втраченої маси. Значний перегрів сировини за температури 300°C призводить до початку коксування, а відповідно й втрат не тільки баластної маси, а й калорійної складової (термообробка була призупинена, коли масові втрати сухого матеріалу сягнули 37%). Однак така температура печі не тільки пришвидшила процеси сушіння усіх зразків, але й безпечно підвищила швидкість термічного розкладання торф'яних та торфо-деревинних гранул. Торф на відміну від деревини має слабше виражений екзотермічний ефект при термічному розкладанні, позбавлений передумов локальних перегрівів та коксування і може бути використаний у суміші з деревиною у якості нормалізатора процесу розкладання під час ТО. Підвищення температури печі від 250°C до 300°C дозволило пришвидшити розкладання матеріалу в 3...3,2 рази для торфу та торфо-деревинної суміші. За температури печі 300°C масові втрати сухої частини зразків склали 15,3% для торф'яних гранул та 19% для суміші.

Висновки

Підвищення режимної температури прискорює процеси сушіння та розкладання біомаси під час термообробки. Однак для дотримання технологічного процесу та отримання максимальної кількості висококалорійного палива після ТО потрібні температурні обмеження, що будуть враховувати теплові виділення викликані екзотермічним ефектом під час розкладання сировини. Натомість підвищення температури не несе негативного характеру на етапі сушіння, що дає передумови до використання ступеневого температурного режиму з тенденцією до використання більш високих температур на ділянці сушіння. Використання комбінованого торфо-деревинного матеріалу в якості сировини для ТО дає змогу використовувати більш високі режимні температури на відміну від чистої деревини. Отримане

термічно оброблене торфо-деревинне паливо має вищу теплоту згоряння та меншу зольність в порівнянні з чистим ТО торфом.

Перелік посилань:

1. Снежкін Ю.Ф., Корінчук Д.М., Безгін М.М. Дослідження температурної обробки біосировини в технології виробництва твердого біопалива// Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій/Мін. Освіти і науки України. – Одеса: 2015. – Вип. 47 – С. 209-213.
2. Лиштван И.И. Коллоидная химия и физико-химическая механика торфа: история развития и современные направления исследований// Сборник научных трудов «Природопользование»/ Институт Природопользования НАН Беларуси Минск: 2012. Вып. 22. С. 47-56.
3. Равич М.Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. – М: «Наука», 1966,– 403с.